

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-244796

(43)Date of publication of application : 02.09.1994

(51)Int.Cl.

H04B 10/02  
H04B 10/20

(21)Application number : 05-030564

(71)Applicant : NIPPON TELEGR &amp; TELEPH CORP &lt;NTT&gt;

(22)Date of filing : 19.02.1993

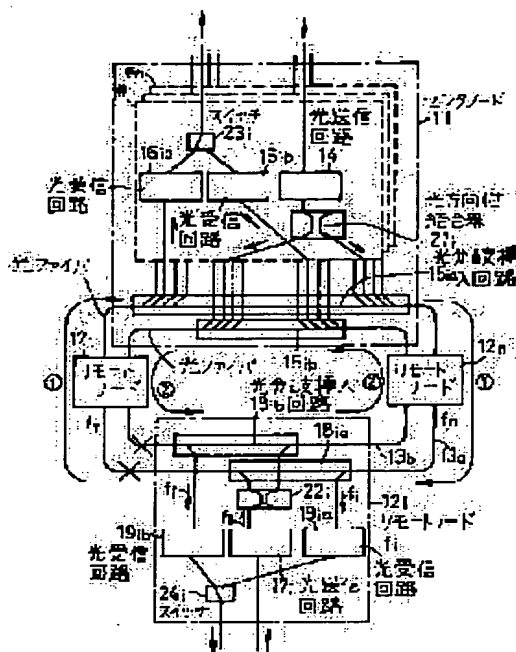
(72)Inventor :  
TOBA HIROSHI  
ODA KAZUHIRO  
NOSU KIYOSHI

## (54) OPTICAL COMMUNICATION NETWORK

## (57)Abstract:

PURPOSE: To immediately restore communication with a simple construction when a fault occurs.

CONSTITUTION: A center node 11 and plural remote nodes 121-12n are connected to a clockwise transmission ring-state optical fiber 13a and counter-clockwise transmission ring-state optical fiber 13b. The node 11 and nodes 121-12n perform communication by optical signals with frequencies  $f_1$ - $f_n$ . Each node divides a transmission optical signal in two and is inserted into optical fibers 13a and 13b. The node 11 receives by branching the light rays of  $f_1$ - $f_n$  from the optical fibers 13a and 13b and makes them into electric signals by optical receiving circuits 16ia and 16ib, and one of which is taken out by a switch 23i. In each node 12i ( $i=1, 2, \dots, n$ ), the light of a self frequency  $f_i$  from the optical fibers 13a and 13b is received in branching, which is made to electric signals by optical receiving circuits 19ia and 19ib, and one of which is taken out by a switch 24i. When a fault occurs and the reception can not be performed, one or both of the switches 23i and 24i is or are switched and the communication is restored immediately.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

26.08.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japanese Patent Office

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-244796

(43)公開日 平成6年(1994)9月2日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

H 0 4 B 10/02

10/20

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

8523-5K

H 0 4 B 9/ 00

H

8523-5K

N

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 5 頁)

(21)出願番号

特願平5-30564

(22)出願日

平成5年(1993)2月19日

(71)出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号

(72)発明者 鳥羽 弘

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(72)発明者 織田 一弘

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(72)発明者 野須 潔

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

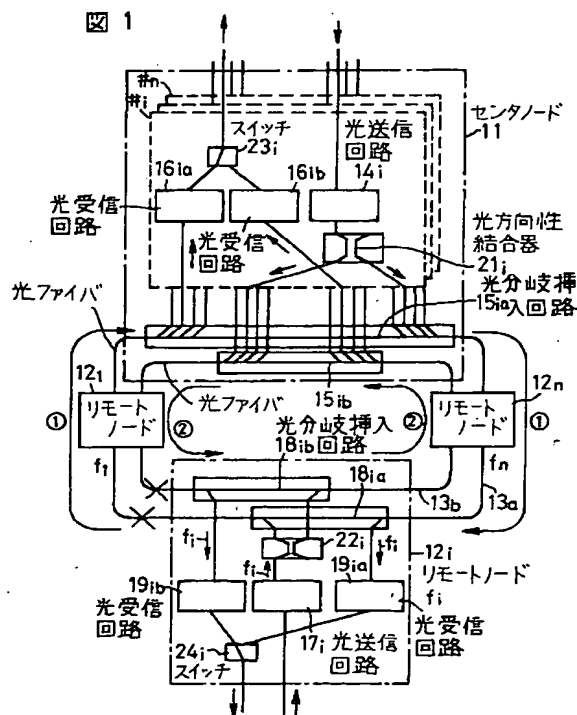
(74)代理人 弁理士 草野 卓

(54)【発明の名称】 光通信網

(57)【要約】

【目的】 障害時に、簡単な構成で通信の復旧をすぐ行うことができる。

【構成】 センタノード11と複数のリモートノード12<sub>i</sub>~12<sub>n</sub>とは右回り伝送リング状光ファイバ13<sub>a</sub>と左回り伝送リング状光ファイバ13<sub>b</sub>とに結合され、ノード11とノード12<sub>i</sub>~12<sub>n</sub>とはそれぞれ周波数 $f_1 \sim f_n$ の光信号で通信を行い、各ノードは送信光信号を2分して両光ファイバ13<sub>a</sub>、13<sub>b</sub>に挿入し、ノード11は光ファイバ13<sub>a</sub>、13<sub>b</sub>より各 $f_1 \sim f_n$ の光を分岐受信し、光受信回路16<sub>ia</sub>、16<sub>ib</sub>で電気信号とし、その一方をスイッチ23<sub>i</sub>で取出し、各ノード12<sub>i</sub> ( $i=1, 2 \dots n$ ) では光ファイバ13<sub>a</sub>、13<sub>b</sub>よりの自己の周波数 $f_i$ の光を分岐受信して光受信回路19<sub>ia</sub>、19<sub>ib</sub>で電気信号とし、その一方をスイッチ24<sub>i</sub>で取出す。障害が発生して受信できなくなると、スイッチ23<sub>i</sub>、24<sub>i</sub>の一方または双方を切替えることにより通信が直ちに復旧する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 リング状光ファイバ伝送路に結合された複数のノード間相互の通信を行う光通信網において、上記各ノードに送信光信号を2分岐する光分岐手段と、その分岐された一方の送信光信号を上記光ファイバ伝送路に右回り光として挿入し、上記分岐された他方の送信光信号を上記光ファイバ伝送路に左回り光として挿入する手段と、上記光ファイバ伝送路を伝搬する右回り光信号及び左回り光信号のそれぞれから自ノードに対するものを取出す手段と、これら取出された両光信号の一方を自由に選択する切替手段と、を備えていることを特徴とする光通信網。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 請求項1の発明は、複数のノードがリング状光ファイバ伝送路に結合され、各ノード間を結ぶ通信は光周波数軸上で分離され、各ノードにその光信号について光ファイバ伝送路に分岐挿入する手段を設けた光通信網に関するものであり、特に光ファイバ伝送路およびノード障害に対して信頼性を高めた光通信網に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 図3に、従来のリング形通信網の基本構成を示す。図では1個のセンタノード11と複数のリモートノード12<sub>1</sub>～12<sub>m</sub>とが1本の光ファイバ13でリング状に接続され、センタノード11と各リモートノード12<sub>1</sub>～12<sub>m</sub>との間の各通信にそれぞれ異なる光周波数 $f_1 \sim f_m$ が割当てられてセンタノード11及びリモートノード12<sub>1</sub>～12<sub>m</sub>間が相互に通信する。センタノード11にはリモートノード12<sub>i</sub> ( $i=1, 2, \dots, m$ ) と対応してノード12<sub>i</sub> に対し送信するための電気信号が光送信回路14<sub>i</sub> により周波数 $f_i$  の光信号に変換され、その光信号は、周波数 $f_i$  の光を分岐挿入する光分岐挿入回路15<sub>i</sub> により光ファイバ13に挿入され、図に示すように予め決められた方向、図では時計回りに伝送される。また光ファイバ13により伝送されて来た光信号中から周波数 $f_i$  の成分が光分岐挿入回路15<sub>i</sub> で分離されて光受信回路16<sub>i</sub> に入射され、電気信号に変換されて出力される。センタノード11にはこのような光送信回路、光分岐挿入回路、光受信回路が、光周波数 $f_1 \sim f_m$  のそれぞれについて設けられる。

【0003】 リモートノード12<sub>i</sub> ではセンタノード11へ送信すべき信号が光送信回路17<sub>i</sub> で光信号に変換され、周波数 $f_i$  の光分岐挿入回路18<sub>i</sub> により光ファイバ13に前記光伝送方向、つまり図において時計回り方向に入射伝送される。また光ファイバ13を伝搬する光信号中の周波数 $f_i$  成分が光分岐挿入回路18<sub>i</sub> で分

岐されて、光受信回路19<sub>i</sub> で電気信号に変換されて受信される。

【0004】 このような光通信網において、光ファイバ13、光増幅器、光分岐挿入回路等に障害が生じた場合には、例えば図において×印で示す箇所に障害が生じると、その障害の修理が完了するまで通信路は遮断されたままとなり、信頼性が悪いという欠点があった。このような点から、従来のリング形通信網として図3Aに示すように、1個のセンタノード11と例えば5個のリモートノード12<sub>1</sub>～12<sub>5</sub>の間を2本の光ファイバ13<sub>r</sub>、13<sub>s</sub>でリング状に接続し、その1本の光ファイバ13<sub>r</sub>は現用のサービスに使用し、他の1本の光ファイバ13<sub>s</sub>は予備用として使用する。また、図3では簡略化して着目している信号の転送経路のみを太線で示す。通常状態でセンタノード11と例えばリモートノード12<sub>3</sub>との間で通信を行う場合、光信号は光ファイバ13<sub>r</sub>により伝送される。この状態で、例えば図中×で表示される箇所、つまりノード12<sub>1</sub>と12<sub>2</sub>との間に障害が生じ、ケーブルが断線したものとすると、リモートノード12<sub>3</sub>からセンタノード11への信号が不通となる。このとき、各ノードは障害情報を検出し、自律的に経路切り替えを行うか、あるいは、網運用を行う運用センタノードからの切り替え命令により切り替えを実行する必要がある。例えば図3の場合、ノード12<sub>2</sub>に内蔵する光スイッチを用いてリモートノード12<sub>3</sub>からセンタノード11への光信号転送経路を図3Bに示す光ファイバ13<sub>s</sub>への経路に迂回することにより、通信を復旧させる。この場合、リモートノード12<sub>1</sub>で障害を検出し、センタノード11へそれを通知し、センタノード11でリモートノード12<sub>1</sub>、12<sub>2</sub>間が障害と判断して、リモートノード12<sub>2</sub>へ迂回スイッチをオンする指令を行なうことにより、処理が複雑であり、しかも、例えばセンタノード11とリモートノード12<sub>3</sub>が通信中であっても、この通信と無関係のリモートノード12<sub>2</sub>で迂回スイッチを制御する必要があり、各ノードの処理回路が複雑となる欠点があった。

【0005】 この発明は、上記に示す欠点を除去するもので伝送経路に障害が発生しても、直ちに通信を復旧することが可能であり、しかも簡易で信頼性の高い光通信網を提供することにある。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】 この発明によれば光ファイバ伝送路によりリング状に結合された複数のノード間で通信を行う際に、各ノードにおいて送信光信号は光分岐手段により2分岐され、その一方の光信号は時計回りに光ファイバ伝送路に挿入され、他方の光信号は反時計回りに光ファイバ伝送路に挿入される。また各ノードの受信側では光ファイバ伝送路により伝送されて来た光信号のうち自ノードに対するものを分岐して取出し、その取出された時計回り光信号と反時計回り光信号との内の

一方が切替手段により選択的に取出されて受信される。

【0007】

【作用】このように構成されているから、リング状の光ファイバ伝送路の一箇所が障害となり、信号受信が不可能となった場合にも、残る一経路を経由して伝送された光信号は常時ノードに到達しているの、受信側でその信号を選択するように切替手段を切替ることにより、簡易な構成で早期の障害復旧が可能となる。

【0008】

【実施例】図1にこの発明の一実施例を示し、図2と対応する部分に同一符号を付けてある。1個のセンタノード11と複数のリモートノード12<sub>1</sub>～12<sub>n</sub>との間がこの実施例では2本の光ファイバ13<sub>a</sub>、13<sub>b</sub>でリング状に結合するものであり、センタノード11と各リモートノード12<sub>1</sub>～12<sub>n</sub>との間が、それぞれ光周波数 $f_1 \sim f_n$ を使用して通信する。2本の光ファイバ13<sub>a</sub>、13<sub>b</sub>の内、一方13<sub>a</sub>は時計回りに、他方13<sub>b</sub>は反時計回りに光信号を伝送するものとする。その際、各光送信回路14<sub>i</sub>からの光信号は光方向性結合器22<sub>i</sub>により各光送信回路17<sub>i</sub>から光信号は光方向性結合器22<sub>i</sub>によりそれぞれ2分岐され、それら各光方向性結合器からの一方の光信号は光分岐挿入回路15<sub>ia</sub>、18<sub>ia</sub>により時計回りに伝送する光ファイバ13<sub>a</sub>に合波または挿入され、他方の光信号は光分岐挿入回路15<sub>ib</sub>、18<sub>ib</sub>により反時計回りに伝送する光ファイバ13<sub>b</sub>に合波または挿入される。各ノードの受信側においては、自己に割当てられた光周波数を光ファイバ13<sub>a</sub>から光周波数分岐挿入回路15<sub>ia</sub>、18<sub>ia</sub>により、光ファイバ13<sub>b</sub>から光分岐挿入回路15<sub>ib</sub>、18<sub>ib</sub>によりそれぞれ分波または分岐して受信する。その際、時計回り反時計回りの2経路で伝送された信号はセンタノード11で各光受信回路16<sub>ia</sub>、16<sub>ib</sub>により各リモートノード12<sub>i</sub>で各光受信回路19<sub>ia</sub>、19<sub>ib</sub>によりそれぞれ電気信号に変換され、これら両電気信号はセンタノード11では2:1スイッチ23<sub>i</sub>により、リモートノード12<sub>i</sub>では2:1スイッチ24<sub>i</sub>によりそれぞれ選択して取出される。

【0009】例えば、センタノード11とリモートノード12<sub>i</sub>との間の通信を考える。センタノード11において、光周波数 $f_i$ を有する光送信回路14<sub>i</sub>の出力光は方向性結合器22<sub>i</sub>により、それぞれ光分岐挿入回路15<sub>ia</sub>および15<sub>ib</sub>に結合される。光分岐挿入回路15<sub>ia</sub>、15<sub>ib</sub>はセンタノード11内のすべての光送信回路14<sub>1</sub>～14<sub>n</sub>からの周波数 $f_1 \sim f_n$ の光を、それぞれ時計回りに光信号を伝送する光ファイバ13<sub>a</sub>および反時計回りに光信号を伝送する光ファイバ13<sub>b</sub>に結合させる。光ファイバ13<sub>a</sub>、13<sub>b</sub>を多重信号が伝送される際に、各リモートノード12<sub>i</sub>において、そのノード12<sub>i</sub>に割当てられた周波数 $f_i$ を有する光信号が分岐および挿入される。例えばリモートノード12<sub>i</sub>にお

いて、光分岐挿入回路18<sub>ia</sub>および18<sub>ib</sub>によって、それぞれ光ファイバ13<sub>a</sub>およびファイバ13<sub>b</sub>により伝送される光周波数多重信号のなかから $f_i$ の成分のみが分岐されて、光受信回路19<sub>ia</sub>および19<sub>ib</sub>によりそれぞれ受信される。さらに光受信回路19<sub>ia</sub>および19<sub>ib</sub>の各出力の内の一方がスイッチ24<sub>i</sub>により選択されて出力される。

【0010】逆に、リモートノード12<sub>i</sub>において、周波数 $f_i$ の光送信回路17<sub>i</sub>の出力光 $h$ 方向性結合器22<sub>i</sub>により2分岐され、これら両光信号はそれぞれ光分岐挿入回路18<sub>ia</sub>および18<sub>ib</sub>により、光ファイバ13<sub>a</sub>およびファイバ13<sub>b</sub>に挿入され、センタノード11に伝送される。センタノード11において、光分岐挿入回路15<sub>ia</sub>および15<sub>ib</sub>により分波され、光受信回路16<sub>ia</sub>および16<sub>ib</sub>により受信される。さらに、光受信回路16<sub>ia</sub>および16<sub>ib</sub>の出力の内の一方がスイッチ23<sub>i</sub>により選択されて出力される。以上の結果、センタノード11とリモートノード12<sub>i</sub>との間で周波数 $f_i$ の光を用いて通信が行われる。

【0011】今、スイッチ24<sub>i</sub>、23<sub>i</sub>がそれぞれ光ファイバ13<sub>a</sub>（経路①）および光ファイバ13<sub>b</sub>（経路②）をそれぞれ経由した信号を選択しているものとする。その際、経路①、②の光ファイバを収容するケーブルまたは、経路中のリモートノードの障害が発生した場合、図1でリモートノード12<sub>i</sub>とリモートノード12<sub>j</sub>との間の×印で示す箇所に障害が生じた場合、光受信回路16<sub>ib</sub>および19<sub>ia</sub>への入力信号が断となった場合、光受信回路の出力を選択するそれぞれのノード11、12内のスイッチ23<sub>i</sub>、24<sub>i</sub>を切り替え、経路②、①を経由して信号受信する光受信回路16<sub>ib</sub>および19<sub>ia</sub>の出力を選択受信することにより、通信を復旧することが可能である。この場合、信号断の検出およびその復旧は信号を受信しているノード内での処理だけで良く、他のノード間との情報転送、および他のノードでの切り替え処理等の必要がないので、構成が簡単で、また通信の早急な復旧も可能である。

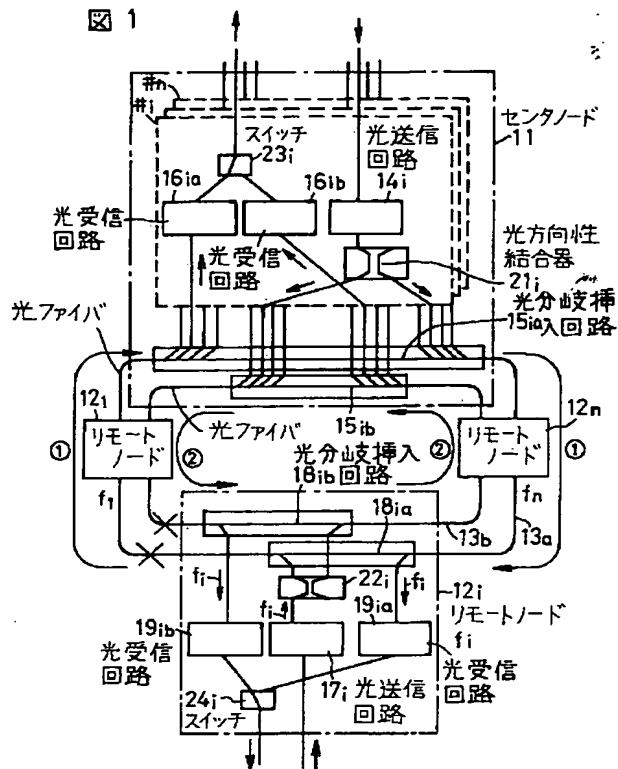
【0012】図1に示した実施例では、リング状光ファイバ伝送路を構成するのに2本の光ファイバを使用しているが、2本以上の光ファイバを用いてもよく、また、双方向伝送用分岐挿入光フィルタにより1本の光ファイバでも同等の機能をもたせることもできる。また受信側のノードに各々2個の光受信回路を用いて信号を光電気変換した後スイッチで信号を選択したが、2経路を通じて伝送された光信号を2入力1出力の光スイッチを用いて選択した後、1個の光受信回路で信号受信する構成としてもよい。光分岐挿入回路15<sub>ia</sub>～15<sub>na</sub>、15<sub>ib</sub>～15<sub>nb</sub>はそれぞれ一つの素子として構成してもよく、光分岐挿入回路15<sub>ia</sub>、15<sub>ib</sub>、18<sub>ia</sub>、18<sub>ib</sub>はそれぞれ、光合波回路と光分岐回路とに分離して構成してもよい。

【0013】

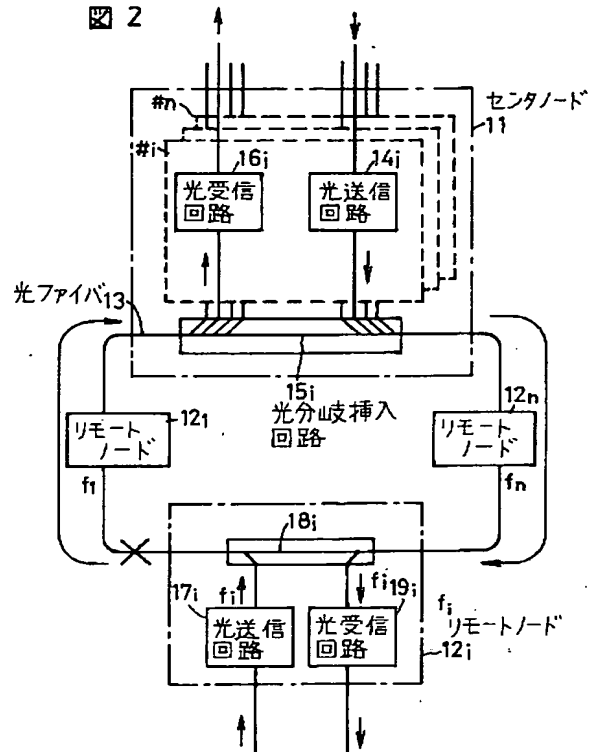
【発明の効果】以上述べたように、この発明による光通信網は伝送路障害等に対して、受信側ノード内のスイッチ切り替えのみで対応可能であり、また簡易な構成で、障害復旧が早く、高い信頼性が得られる利点がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】

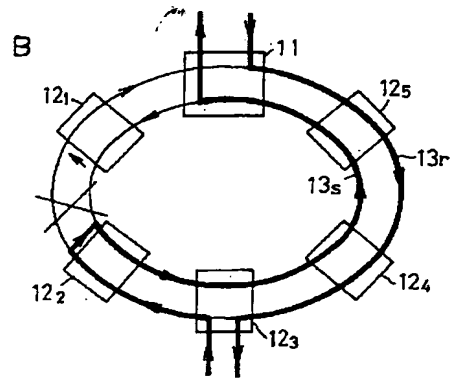
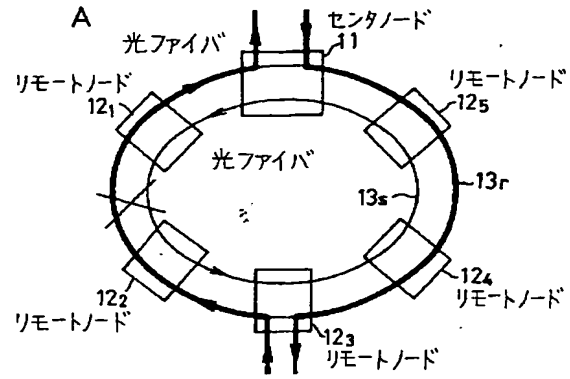


【図2】



【図3】

図 3



## **Fiber Network Service Survivability**

**Tsong-Ho Wu**

**Artech House  
Boston • London**

For a complete listing of the Artech House Telecommunications Library,  
turn to the back of this book

(ICSR). The ICSR is the cost per additional circuit (made diverse by the architecture under consideration) compared to the base 1:N architecture. The ICSR result in the case study indicated that the diverse protection architecture is affordable in metropolitan-area LATA networks. Its incremental cost of \$11.9 or \$15 per circuit is insignificant compared to the total cost of a few hundred dollars for each working circuit (which includes not only the transport cost, but also multiplexing costs such as costs of D banks, M13 multiplexers, and so forth).

Dual-homing architectures improve the worst case survivability due to a hub failure by 4.2 percent, but with a significant cost penalty of 16.8 percent. SH/1:1/DP is 13 percent better for survivability due to link failures and costs 7.6 percent less than DH/1:N/DP. Dual-homing architectures are not only much more expensive than single-homing architectures, but are also more difficult to plan and administer. Thus, it is suggested that the dual-homing architectures be used only to meet special needs.

control overhead

### 3.4 OPTICAL DIVERSE PROTECTION ARCHITECTURES

According to the cost and survivability tradeoff analysis shown in Table 3-3, the 1:N/DP architecture is attractive for metropolitan areas in terms of costs and survivability, and the 1:1/DP architecture is relatively expensive. However, in practice, fiber systems with greater than Gbps capacity usually require 1:1 protection because they carry so much service. Additionally, the 1:1/DP architecture may ease the transition to a SHR architecture, which is expected to be part of the optimum network architecture in future SONET interoffice networks. Thus, searching for an alternative 1:1/DP architecture that is affordable becomes obvious and necessary.

The primary reason that the conventional 1:1/DP architecture is relatively expensive is that it requires not only duplicate fiber facilities, but also terminating electronics equipment. The equipment costs are also a dominant factor of the total fiber transport costs [4]. This observation suggests a way to reduce survivable network costs, while retaining high survivability for cable cuts like 1:1/DP — eliminating PTE. Subsequently, this results in a cost-effective, survivable network architecture called 1:1 Optical Diverse Protection (1:1/ODP). This architecture uses optical switches for 1:1 fiber cable protection as described in References [5,6].

#### 3.4.1 1:1 Optical Diverse Protection Architecture (1:1/ODP)

Figure 3.7 depicts an example of the 1:1/ODP architecture. This architecture maintains 1:N electronic protection using the 1:N APS structure and 1:1 diverse fiber protection using optical switches as fiber facility protection switches. In Figure 3.7, the 1:3 APS system protects three working terminals, and three diverse protection fiber pairs protect three working fiber pairs; both pair types are connected at the Optical Protection

Modules (OPMs). Each OPM includes a 50/50 Power Splitter (PS) on the transmit side and a 1x2 optical switch on the receive side. The PS splits an optical signal into both working and protection systems. The 1x2 optical switch, acting as a selector, switches demand from failed fibers to corresponding diverse protection fibers when a cable containing working fiber pairs is cut. This architecture essentially uses the 1+1 APS concept.

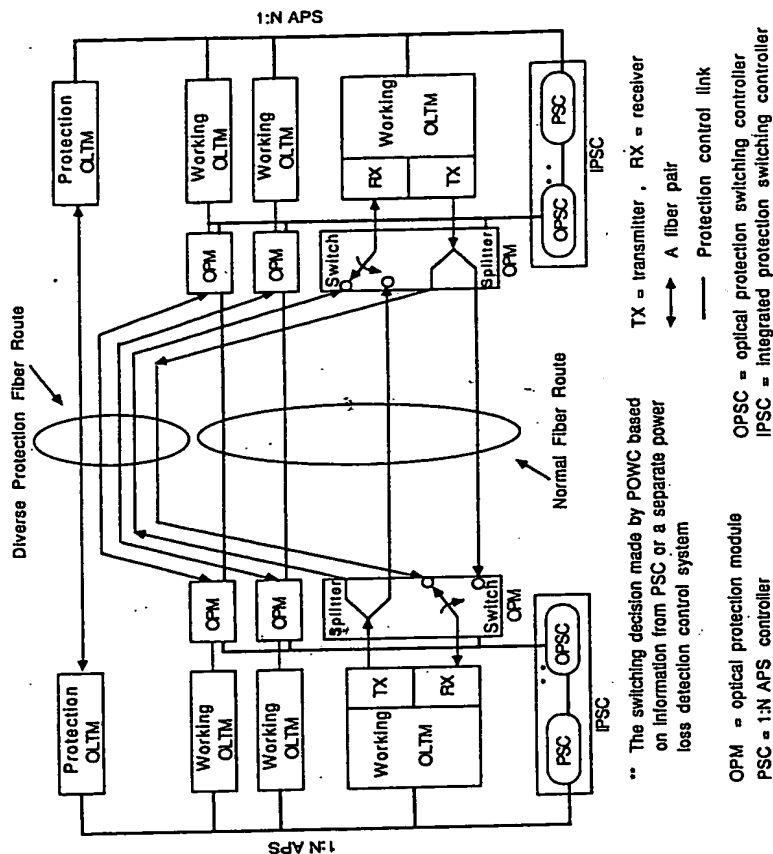


Figure 3.7. 1:1/ODP architecture with N=3.

In addition to the PSC, a scheme that controls optical protection switching is needed in the 1:N APS system. For immediate deployment of this architecture, 1x2 electrically controlled mechanical optical switches, which are commercially available, can be manually operated without changing APS design. However, this may not be



acceptable for services requiring automatic (fast) reconfigurations. To overcome this reconfiguration speed problem, the electrically controlled 1x2 optical switches can be controlled remotely, rather than manually, through simple programming of a small processor. Control interfaces for these switches are also commercially available. This architecture requires an *Optical Protection Switching Controller (OPSC)* for automatic control of optical switching when protection is needed. The OPSC may be external to the PSC of the 1:N APS system yet connected to it to obtain the required link performance status data, such as BER or LOS. It may also be connected to two power loss detectors (one for working signals and the other for protection signals), as depicted in Figure 3.8 [7,8]. In Figure 3.8, the power detector monitors five or 10 percent of the optical signal, and the OPSC initiates protection switching when the detected power drops below a preset threshold. This power loss detection system works only for hard failures, such as cable cuts, not for terminal-type failures and system degradation with high BER.

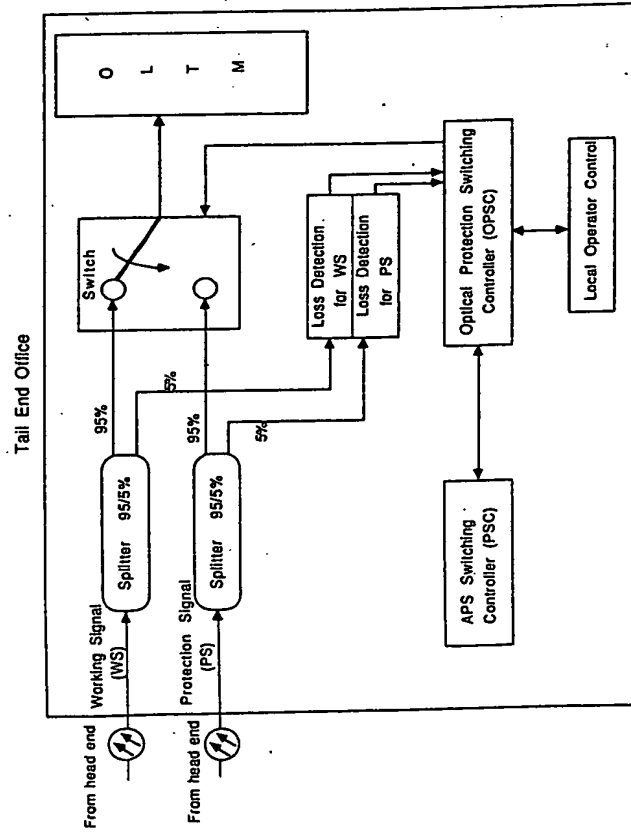


Figure 3.8. Optical power loss detection system functional diagram.

On request for switching due to detection of a failure condition, the OPSC transmits an applied voltage to transfer the incoming optical signal from the optical switch's working input port to its protection output port. Because an OPSC performs only two simple tasks (collect performance data from the PSC or a power loss detection system and send out a signal if applicable), it could be easily implemented in a simple microprocessor or integrated into the PSC features of the APS system. This 1:1/ODP architecture requires a control system only on the receive end. If one PS of 3 dB loss, four connectors of 0.5 dB loss each, and one 1x2 *Mechanical Optical Switch (MOS)* of 1 dB loss are used, the power loss for a fiber span due to optical switches and splitters is about 6 dB.

As an alternative to the 1:1/ODP architecture, a 1:1/ODP architecture having an OPM that uses two 1x2 optical switches at both ends may be used. Compared to the 1:1/ODP architecture depicted in Figure 3.7, this alternative architecture, which uses the concept of 1:1 APS protection, reduces power loss. However, it increases overall expenses because it requires control systems at both transmit and receive ends. If two 1x2 MOSs of 1 dB loss each and four connectors of 0.5 dB loss each are used, the power loss for this alternative architecture is about 4 dB.

### 3.4.2 1:1/ODP with 2x2 Optical Switches or WDMs

For some large areas where the protection route may require one or more repeaters, reducing the number of repeaters may be a desirable choice. The 1:1/ODP architecture depicted in Figure 3.7 can easily be modified to achieve this. As depicted in Figure 3.9, this modified architecture has the same basic structure as Figure 3.7 except that it uses 2x2 instead of 1x2 optical switches to terminate *Working Fiber-1 (WF-1)* and *Diverse Protection Fiber-1 (DPF-1)* systems. The use of 2x2 optical switches saves an extra fiber pair and associated repeaters (if any) placed in the physically diverse protection route. This switches WF-1 to DPF-1 during a fiber cable cut and disconnects the electrical protection node (P) from DPF-1.

As shown in Figure 3.9, the 2x2 switch is in the bar state when the WF-1 is in the normal state; it is switched to the cross state only when a fiber cable cut occurs. The controller applies a voltage to switch the 2x2 MOS. Other failures are protected based on normal APS protocols switching to the electrical protection channel when the detected LOS or BER exceeds the threshold on that working fiber system. Under this architecture, if one of the OLTMs fails, DS3s terminated at the failed OLTM are switched to the protection OLTM and sent to their destination protection OLTM through the 2x2 optical switch in the bar state. Although this alternative architecture may reduce the number of repeaters needed, it may not have 100 percent survivability for some multifailure scenarios (e.g., fiber cable cuts occur at a time when one working fiber system has been switched to a protection system due to equipment failure).

During multiple failures, this alternative architecture can possibly send control voltages only to the 1x2 switches but not to the 2x2 switches. In this case, the systems protected by the protection OLTM remain protected, but traffic from WF-1 is lost.

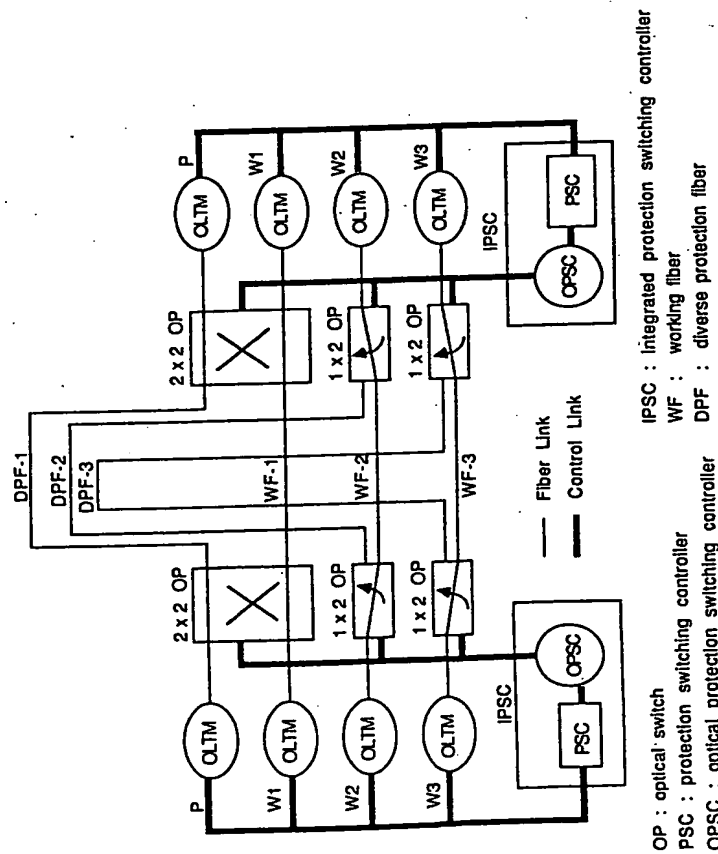


Figure 3.9. 1:1/ODP architecture with 2x2 optical switches.

The 1:1/ODP architecture can also be implemented using optical switches and *Wavelength Division Multiplexing* (WDM) devices (i.e., multiplexers and demultiplexers) as depicted in Figure 3.10 [6]. The basic operating principle for this architecture is that two input signals of two different wavelengths on separate, single-mode fiber ports of the device are multiplexed on one single-mode fiber output port. At the receiving end, the two multiplexed signals on the (one) input port are demultiplexed to two separate output fibers that can be detected separately by the optical receivers. This requires the protection system laser to be of a different wavelength than all the other working fiber systems. This is not a problem because fiber characteristics are

essentially equivalent, in terms of loss, for lasers operating in 1300-nm and 1550-nm ranges. Receivers sensitive to both wavelengths are available, and two wavelengths in the 1270- to 1330-nm range could also be used.

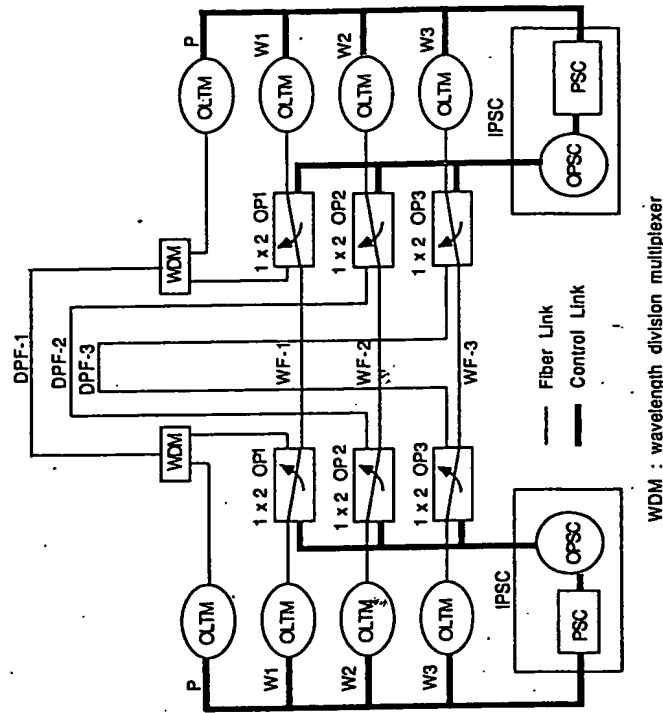


Figure 3.10. 1:1/ODP architecture with WDMs and optical switches.

The 1:1/ODP architecture using WDM allows for system survivability during multiple failures. The protected fiber system signals, and those from WF-1 that would be switched to the protection channel only during a fiber cable cut, are multiplexed by wavelength onto the same protection fiber, DPF-1. When compared to 1:1/ODP, this architecture saves the cost of an additional fiber pair and provides the same protection for all the working systems simultaneously and uniformly. The presence of the WDM devices introduces additional losses in the system, about 2.5 to 3 dB loss per span, including loss due to connectors (splices); it also requires the use of lasers at different wavelengths. These factors should be included in system performance tradeoffs when considering this architecture for a particular application.